تحلیل منطقه‌ای جریان کم ۷ روزه با روش رگرسیون در حوضه های رتبه ۲ دریاچه نمک و کویر مرکزی

باقر قرمز چشمه[۱*]، سید عباس حسینی[۲]، محمد شاعری[۳]

۱- استادیار و عضو هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۲- استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد علوم وتحقیقات تهران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران میدیرت منابع آب دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
baghergh@gmail.com

* * *

چکیده

در سال های اخیر منابع آب به علت برداشت‌های بیرویه و تغییرات اقلیم تحت تاثیر قرار گرفتند، و این وضعیت اثرات گوناگونی بر روی جریان آب های سطحی به ویژه جریان حداقل رودخانه‌ها گذاشته است. هدف این پژوهش تحلیل منطقه‌ای جریان حداقل ۷ روزه و ارایه روابط منطقه‌ای مبتنی بر پارامترهای مورفولوژیک است تا بتوان با استفاده از این روابط با دقتی مناسب، جریان حداقل را در نقاط فاقد آمار حوضه‌های محدوده مطالعاتی کویر مرکزی و دریاچه نمک را محاسبه نمود. بدین منظور پس از دریافت داده های آبدهی ایستگاه های هیدرومتری واقع در دو حوزه آبخیز کویر مرکزی و دریاچه نمک و بررسی ایستگاه های هیدرومتری، ۳۹ ایستگاه که دارای نواقص آماری کمتر بودند، و در پایین دست سد ها قرار نداشتند، انتخاب گردید. پس از تعیین ایستگاه ها، مرز حوضه ها ترسیم شد. آمار این ایستگاه به روش همبستگی با ایستگاه‌های دیگر مورد بازسازی قرار گرفت، و داده‌های خیلی زیاد یا خیلی کم و مشکوک به خطا حذف شد. سپس سری‌های زمانی ۵، ۷، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰ روزه بر روی آمار این ایستگاه‌ها ساخته شد. سپس متغیرهای مساحت حوضه، بارش متوسط حوضه، دمای متوسط ، شیب متوسط حوضه، ارتفاع متوسط حوضه، زمین شناسی وتراکم آبراهه محاسبه شد. با انجام تحلیل عاملی متغیر های بارش متوسط، زمین شناسی، مساحت و تراکم آبراهه به عنوان مهمترین متغیرها، انتخاب شدند. با استفاده از نتایج تحلیل عاملی، جهت تعیین مناطق همگن از تحلیل خوشه ای استفاده گردید. در ادامه با روش رگرسیون چند متغیره برای هر یک از گروه های همگن مدل های مناسب جهت برآورد جریان حداقل با تداوم ۷ روزه ارایه گردید، و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد، بارش مهمترین عامل در دبی حداقل بوده و دقت رگرسیون نیز با ضریب همبستگی ۰/۷ بیانگر کارائی این روش در تعمیم منطقه ای می باشد.

کلید واژه‌ها: جریان حداقل، تحلیل منطقه ای، تحلیل عاملی، رگرسیون چند متغیره،تحلیل خوشه ای، کویر مرکزی

* * *

مقدمه

با توجه به روند رشد جمعیت کشور و تشدید نیاز بخش‌های مختلف، افزایش مصرف آب بخش شهری، روستایی و صنعتی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. آب در فرآیند توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور نقش عمده و کلیدی دارد. افزایش تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی، توسعه مراکز جمعیت شهری و روستایی، بهبود و ارتقای کیفیت زندگی در گرو انجام سرمایه گذاری‌های لازم و هماهنگ در ابعاد مختلف توسعه و بهره‌برداری از منابع آب است. کشور ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته است و از منابع رطوبتی دور می باشد. از این رو سامانه های بارش‌زا زمانی به ایران می رسند، که بخش زیادی از رطوبت خود را از دست داده و توان ایجاد بارش کافی در بخش های مرکزی و شرقی ایران را ندارند. همین میزان بارش اندک نیز پراکندگی یکنواختی نداشته و مناطق کویری فلات مرکزی سهم ناچیزی از آن را دریافت می‌نمایند. در این مناطق به دلیل تبخیر زیاد، بخش عمده بارندگی تبخیر شده و مجددا به جو باز می گردد. رژیم بارندگی نامنظم بوده و عموماً از قاعده خاصی تبعیت نمی نماید. ناچیز بودن جریانات سطحی در نواحی خشک و نیمه خشک، باعث اتکای بیش از حد به منابع آب زیرزمینی گردیده است. برآورد ویژگیهای جریان کم در طراحی دبی سازه‌های انحراف آب، تأمین آب نیروگاه‌های برق‌آبی، تعیین آستانه کیفیت آب در رودخانه‌ها، برآورد بار مجاز برای دفع فاضلاب، تأمین آب شهری و صنعتی بسیار مهم است. در سال های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه دبی های حداکثر و متوسط در نقاط فاقد ایستگاه هیدرومتری (دارای آمار ناقص)و تعمیم آمار نقاط و ایستگاه های دارای آمار، به نقاط فاقد آمار (دارای آمار ناقص) با استفاده از تحلیل منطقه ای، انجام گرفته است، ولی در خصوص دبی های حداقل، پژوهش های کمتری صورت گرفته و نیازمند تحقیق بیشتر در این زمینه می باشد. آگاهی از جریان حداقل و پایه در رودخانه های دائمی به دلیل اهمیت آن در تامین آب مورد نیاز بخش های مختلف کشاورزی، صنعت و شرب بسیار ضروری است.

ثقفیان و همکاران[۱] از مدل رگرسیونی چند متغیره برای برآورد جریان‌های کم در نقاط فاقد ایستگاه استان گیلان، پرداختند. این پژوهش در محدوده حوضه‌های بالادست استان گیلان با ۳۵ ایستگاه هیدرومتری با آمار دبی روزانه نسبتا طولانی مدت انجام گرفت. با استفاده از تحلیل فراوانی و مقایسه توزیع های مختلف آماری، توزیع آماری لوگ پیرسون تیپ ۳ و توزیع آماری لوگ نرمال مناسب ترین توزیع‌ها تشخیص داده شدند. سپس با استفاده از تحلیل عاملی۵ پارامتر مساحت حوضه، متوسط بارش سالانه، شیب حوضه، ارتفاع متوسط و تراکم زهکشی به عنوان پارامترهای مستقل شناخته شدند. سپس بوسیله تحلیل خوشه ای حوضه‌های منطقه را، به دو گروه همگن تقسیم نمودند و پس از آن با استفاده از رگرسیون گام به گام، مؤثرترین پارامترها در تخمین جریان‌های کم شناسایی شدند. نتایج حاصله نشان می دهد که پارامترهای مساحت، شیب متوسط و بارش متوسط سالانه از جمله عوامل مؤثر اصلی در مقدار جریان های کم سالانه و همچنین مدل رگرسیونی چند متغیره مدل دقیق تری نسبت به مدل دبی مساحت می باشد.

رحمتی و همکاران[۲] به همگن بندی و تخمین آبدهی حوزه های آبخیز فاقد آمار شمال غرب کشور، با استفاده از منحنی رشد منطقه ای پرداختند، بدین ترتیب که آمار آبدهی ایستگاه های منطقه جمع آوری شد. ایستگاه های دارای آمار کافی که در یک دوره مشترک بودند را، انتخاب نمودند و آبدهی متوسط سالانه محاسبه شد. تحلیل همگنی حوضه ها با توجه به آبدهی و پارامتر هایی که تاثیر گذار بودن صورت گرفت. تحلیل منطقه ای آبدهی متوسط سالانه انجام شد، و علاوه بر آن تحلیل احتمالاتی نیز انجام گرفت و دبی با

دوره بازگشت های ۲ ساله تا ۱۰۰ ساله را برآورد نمودند. با استفاده از مساحت حوضه، روابط منطقه ای آبدهی محتمل با دوره بازگشت ۲ ساله برای مناطق همگن استخراج شد. نتایج این پژوهش نشان می دهد که، روابط رگرسیونی به دست آمده برمبنای میانه، از دقت بیشتری نسبت به روابط به دست آمده بر مبنای میانگین برخوردارند. و همچنین، همگن بندی با استفاده از منحنی رشد در تخمین آبدهی تاثیر گذار نیست، اما می توان آبدهی حوضه ها را بادقت خیلی خوبی به دست آورد.

مامون و همکاران [۳] نقشه های منطقه ای و معادلات برای مقدار و فرکانس جریان کم ۱،۷و ۳۰ روزه مشتق شده و در این مقاله ارائه شده است. ایستگاه های سنجش رودخانه حوضه های همسایه که منحنی های فرکانس جریان مشابه با هم را تولید می کردند با یکدیگر ترکیب شدند. به همین ترتیب، جزابر شبه جزیره مالزی به هفت منطقه جریان کم تقسیم شده است. معادلات منطقه ای با استفاده از تکنیک رگرسیون چند متغیره توسعه داده شده است. روابط تجربی برای میانگین سالانه جریان حداقل به عنوان عملکرد منطقه ای حوضه، میانگین بارش سالانه و متوسط سالانه تبخیر توسعه داده شد. معادلات منطقه که ضریب تعیین خوب ($R2 > 0.90$) را نشان داد. منحنیهای فرکانس جریان کم نشان دهنده محدودیت های کم، متوسط و بالاتر برای هر منطقه بر اساس مناسب ترین تکنیک گرافیکی پیشنهاد شده است. دانستن حوضه آبریز، میانگین بارندگی سالانه و تبخیر در منطقه، طراحی جریان های کم را می توان به راحتی برای حوضه های فاقد آمار و شناسایی نشده تخمین زد. تیساکیریس و همکاران [۴] تجزیه و تحلیل منطقه ای جریان های کم یک گام مهم، در حل مسایل مدیریت منابع آب و تعیین قوانین و الزامات در این زمینه میباشد. عنصر مهم در این تجزیه وتحلیل، تعیین زیر مجموعه های همگن بر اساس خصوصیات فیزیوگرافی حوضه مربوطه است. هدف از این مقاله بررسی استفاده از روش همبستگی کانونی برای پراکندگی مجموعه ای از، حوضه های زهکشی یک منطقه به تعدادی از زیرمجموعه های همگن و تعیین رابطه بین آمار فیزیوگرافی و جریان کم در هر حوضه زیر مجموعه میباشد. این روش همچنین برای طبقه بندی یک حوضه نابود شده و یا فاقد آمار مورد استفاده قرار می گیرد. اوآردا و همکاران [۵] در این مطالعه برای ارزیابی منطقه ای از مدل های افزایشی تعمیم یافته استفاده شده است. برای تحلیل ویژگی های جریان کم در حوضه های فاقد آمار، و در مقایسه با روش های دیگر که معمولا برای این منظور استفاده می شود، معرفی شده است. مدل های افزایشی تعمیم یافته انعطاف پذیری بیشتری در شکل روابط بین پاسخ و متغیرهای توضیحی، در مقایسه با مدل های کلاسیک مانند رگرسیون خطی چندگانه فراهم می کند. با استفاده از روش های تجزیه و تحلیل خوشه ای سلسله مراتبی، تجزیه و تحلیل همبستگی کانونی و منطقه نفوذ، مناطق همگن تعریف می شوند. سپس مدل های افزایشی تعمیم یافته و رگرسیون خطی چندگانه در مناطق مشخص شده و همچنین در کل منطقه مورد مطالعه قرار می گیرند. علاوه بر این، یک روش درونیابی فضایی نیز آزمایش می شود. مدل های مختلف برای ارزیابی منطقه‌ای جریان کم تابستان و زمستان در ایستگاه های کبک، کانادا استفاده می شود. نتایج نشان می دهد که برای یک روش مشخص منطقه ای، مدل های افزایشی تعمیم یافته عملکرد بهتری در مقایسه با رگرسیون خطی چندگانه ارائه می دهد. به طور کلی هدف از این تحقیق، بررسی عوامل مورفواقلیمی هر یک از حوضه ها و ایجاد ارتباط میان عوامل مورفواقلیمی و حریان حداقل به وسیله روش رگرسیونی می‌باشد تا بتوان به وسیله این روابط به شبیه سازی جریان حداقل در نقاط فاقد امار پرداخت.

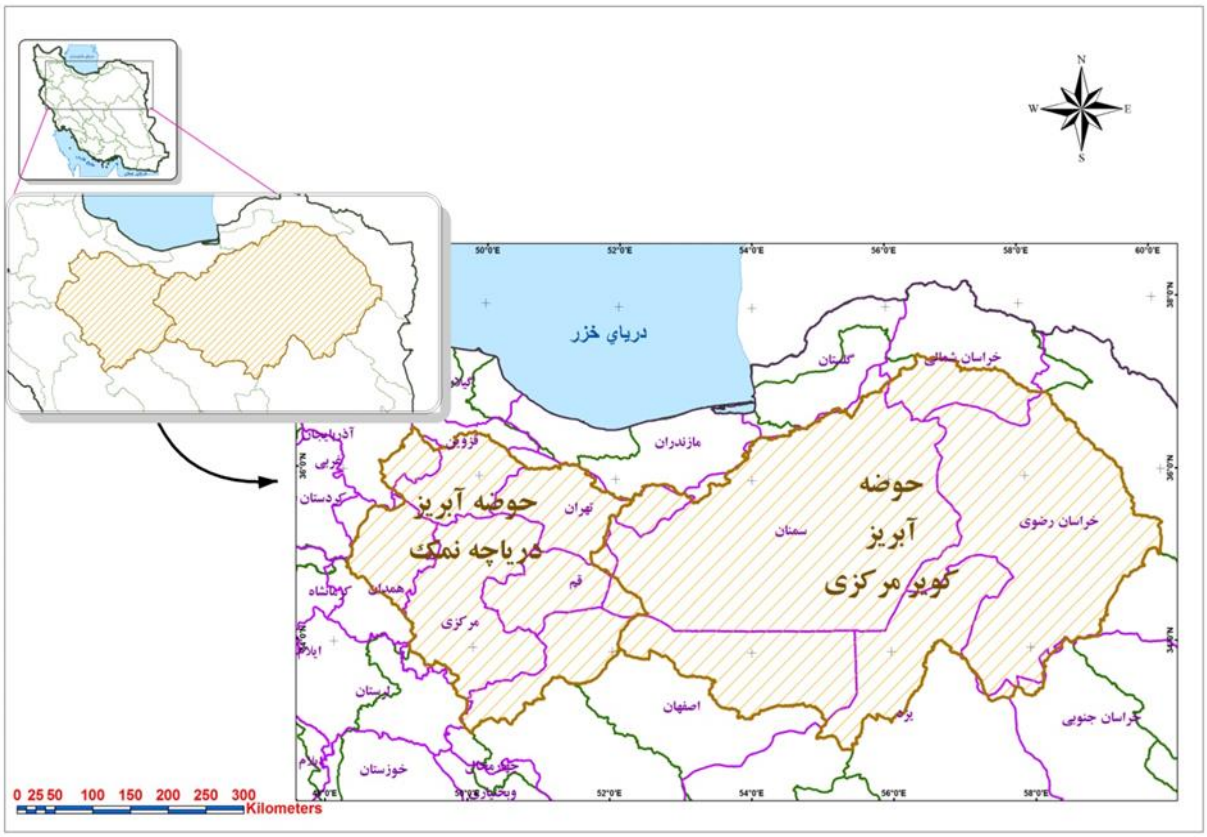
* * *

مواد و روش‌ها

مطالعات صورت گرفته در این تحقیق بر روی دو حوزه آبخیز رتبه کویر مرکزی و دریاچه نمک می‌باشد که در زیر به معرفی این دو حوزه آبخیز با استفاده از دستور العمل و ضوابط تقسیم بندی و کد گذاری حوزه-های آبخیز و محدوده های مطالعاتی پرداخته شده است:

حوضه کویر مرکزی یکی از حوضه‌های بسته ی ایران است که در تقسیم‌بندی حوضه‌های آبخیز ایران، حوضه‌ی فرعی به‌شمار می‌رود و زیرمجموعه‌ی حوزه‌ی آبخیز فلات مرکزی است. حوضه کویر مرکزی بزرگترین زیرمجموعه‌ی حوضه‌ی فلات مرکزی است و شامل رودها و مسیل‌هایی است که وارد دشت کویرقرار دارد می‌شوند. بخش عمده‌ی آن در استان‌های سمنان و خراسان رضوی بخش‌هایی از استان‌های تهران، اصفهان، یزد، خراسان جنوبی نیز جزء این حوضه هستند. و خراسان شمالی محدوده‌ی شمالی آن، کوه‌های البرز و ادامه کوه‌های کم‌ارتفاع بقیه‌ی مرز حوضه را شکل می‌دهند. در مجموع ۳۵ درصد سطح آن مناطق کوهستانی ومابقی دشت‌ها و کویرها هستند. این حوضه از شمال به رشته کوه البرز شرقی، از غرب و جنوب به ارتفاعات پراکنده، غرب کویر مرکزی، از شرق به حوضه‌های قره قوم و نمکزار خواف از شمال شرق به کوه‌های جام و بینالود محدود می‌گردد و بین مختصات ′۳۹ ۵۴ تا ′۵۸ ۵۹ طول شرقی و ′۵۰ °۳۲ تا ′۲۸ °۳۷ عرض شمالی واقع شده است. مساحت این حوضه۲۲۶۵۲۶ کیلومتر مربع است

دریاچه نمک یا دریاچه نمک مسئله نام دریاچه‌ای در منطقه کویر مرکزی ایران است که گاهی با دریاچه حوض سلطان که میان قم و تهران واقع است اشتباه می‌گردد. موقعیت جغرافیایی این حوضه بین مختصات جغرافیایی ′۰۸ ۴۸ تا ′۳۰ ۵۴ طول شرقی و ′۰۰ ۳۴ تا ′۲۲ ۳۶ عرض شمالی واقع شده است. این دریاچه مابین سه استان اصفهان، قم و سمنان واقع است و در فاصله ۳۵ کیلومتری شمال شرقی شهرستان آران و بیدگل واقع است. این دریاچه از غرب به کوه‌های سفیدآب و سیاه کوه و منطقه پارک ملی کویر، از شمال و غرب به کویر مسیله و از جنوب به کویر مرنجاب و بند ریگ محدود است. وسعت این دریاچه در حدود ۳۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. این دریاچه شکلی شبیه به یک مثلث دارد که رأس آن به سمت شمال است. طول قاعده این مثلث ۳۵ کیلومتر و ارتفاع آن ۳۸ کیلومتر می‌باشد. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد می باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دو حوضه کویر مرکزی و دریاچه نمک

از میان حدود ۲۰۰ ایستگاه هیدرومتری دو حوضه مذکور برای مطالعه، ۳۹ ایستگاه با توجه به کیفیت داده‌های موجود و تعداد سال های آماری انتخاب شدند. در نهایت با توجه به اینکه بیشترین تراکم سال های آماری بین سال های ۱۳۵۰ الی ۱۳۹۵ می‌باشد این بازه ۴۵ساله به عنوان پایه زمانی مشترک انتخاب گردید. پس از آن به بازسازی نواقص آماری پرداخته شد و سری زمانی با تداوم هفت روزه به عنوان یکی از پایه هزمانیهای مهم در جریان کم ساخته شد.

در محیط نرم افزار ArcGIS مرز های حوزه‌های آبخیز ۳۹ گانه ترسیم گردید. پس از آن متغیرهای مورفولوژیک و اقلیمی برای هریک از حوضه های بالادست ایستگاههای هیدرومتری منتخب بدست آمد. با انجام تحلیل عاملی متغیر های مستقل انتخاب گردیده و به وسیله این متغیرها ، تحلیل خوشه ای صورت گرفت و حوضه ها به مناطق همگن تقسیم شدند. در نهایت به وسیله رگرسیون چند متغیره، مدل های منطقه ای مناسب برای برآورد جریان حداقل ساخته شد.

* * *

نتایج و بحث

در این تحقیق، ۷ پارامتر فیزیوگرافیکی ویک پارامتر اقلیمی حوضه‌های منتخب استخراج و میزان تأثیر آنها در جریان کم رودخانه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. این پارامترها عبارتند از مساحت حوضه، شیب حوضه، تراکم آبراهه، ارتفاع متوسط، بارش متوسط، دما، زمین شناسی. در جدول (۱) خلاصه مشخصات فیزیوگرافی ۳۹حوضه منتخب منطقه ارائه شده است.

جدول ۱- متغیرهای فیزیوگرافی ۳۹ حوزه آبخیز منتخب

کد	نام ایستگاه	مساحت (km^2)	شیب متوسط (٪)	ارتفاع متوسط(m)	بارش متوسط (mm)	دما (درجه)	تراکم آبراهه	زمین شناسی
41005	قمصر-بن رود	58.51	35.89	2714.06	426.49	8.80	0.73	0.37
41007	گیرآباد	129.63	26.53	2320.28	350.12	10.63	0.30	0.50
41009	سراب هنده	819.63	16.96	2478.88	371.38	9.88	0.26	0.25
41033	خنداب- جوشیران	2767.90	17.52	2111.39	347.06	11.22	0.28	0.58
41039	محا تقسیم آب	33.71	39.64	2652.81	492.97	6.22	0.56	0.31
41051	زهتران	409.54	8.55	2012.24	386.79	10.58	0.47	0.45
41055	جلایر	17504.92	10.39	1902.46	346.56	11.63	0.32	0.56
41059	رازین	1787.33	15.04	1951.08	277.55	13.68	0.31	0.47
41063	پل اروان	316.07	17.83	2167.72	429.96	9.41	0.43	0.40
41067	آبگرم- خررود	2434.53	10.08	1926.97	401.73	10.38	0.45	0.55
41069	ارتش آباد	457.03	12.44	2151.67	423.01	9.60	0.34	0.56
41071	رحیم آباد- خر رود	5004.18	10.74	1921.55	354.34	11.78	0.42	0.56
41073	قروه- ابهر رود	1926.08	11.74	1884.63	403.36	10.43	0.33	0.52
41079	حاجی عرب	82.90	11.90	1965.64	380.43	10.84	0.24	0.42
41093	دربند- فشند	34.46	40.75	2401.12	480.90	8.84	0.69	0.55
41109	سولقان	204.18	46.25	2420.82	470.04	7.87	0.24	0.31
41117	رودک	439.60	48.14	2755.25	537.16	5.54	0.22	0.43
41127	شریف آباد- جاجرود	2684.38	11.99	1375.59	256.42	14.15	0.19	0.70
41130	چم اسفند	3405.96	13.08	2219.15	325.92	11.34	0.24	0.40
41143	هفت حوض درکه	23.64	52.92	2715.44	524.67	5.38	0.79	0.33
41161	نارون	30.95	40.20	2469.51	477.81	6.97	0.33	0.37
41163	علی آباد - لوارک	107.25	37.47	2301.19	441.76	8.02	0.21	0.39
41253	گچسر	234.28	48.93	3220.20	633.72	2.76	0.40	0.40
47005	جبله رود - فیروز کوه	658.59	22.42	2443.78	457.29	7.75	0.30	0.53
47007	نمرود	175.53	18.60	2224.64	419.45	8.63	0.35	0.64
47011	سیمیندشت- حبله رود	2248.26	26.50	2462.22	461.33	7.63	0.22	0.54
47013	دلیچای- سیمین دست	336.44	36.45	2457.28	456.18	7.69	0.20	0.48

کد	نام ایستگاه	مساحت (km^2)	شیب متوسط (٪)	ارتفاع متوسط(m)	بارش متوسط (mm)	دما (درجه)	تراکم آبراهه	زمین شناسی
47015	ینکوه	3268.20	28.34	2339.84	434.93	8.40	0.21	0.48
47029	لبرود	1345.67	22.59	2048.67	393.67	9.65	0.22	0.44
47033	مجن بند انحرافی	150.15	40.43	2850.64	543.12	5.95	0.24	0.57
47035	فرحزاد	137.13	35.99	2705.77	527.29	5.97	0.59	0.37
47039	روح آباد	4049.80	9.03	1627.40	254.00	13.01	0.28	0.54
47043	اریه- چهارباغ	128.38	26.67	2180.26	396.56	8.69	0.38	0.51
47049	ینگجه- آبشار	87.82	12.13	1857.36	357.53	10.44	0.21	0.48
47051	نشیب	113.05	15.49	1925.61	371.60	9.96	0.43	0.44
47071	صنوبر	84.18	28.95	2105.18	332.68	9.98	1.01	0.35
47073	ایرج آباد- ششطراز	812.49	17.42	1795.22	276.28	12.35	0.31	0.45
47081	چشمه علی	58.85	45.68	2415.97	425.89	7.34	0.22	0.40
47093	طاغان	101.00	34.91	2281.56	410.93	8.96	0.26	0.63

پس از تعیین پارامترهای فیزیوگرافی حوضه‌های آبخیز منطقه، با استفاده از روش تجزیه و تحلیل عاملی در نرم‌افزار SPSS، پارامترهای مستقل شناسایی گردیدند. به طور کلی برای تعیین متغیرهای مستقل، تحلیل عاملی در دو مرحله استخراج عاملی و چرخش عامل اجرا شد.

برای تعیین تعداد عامل‌های استخراجی باید مقدار ارزش ویژه را بر اســـاس روش مـــؤلفه‌های اصـــلی به منظور ارزیابی مقدار نسبی و مطلق پارامترها بدست آورد. جدول (۲) نتایج محاسبات استخراج عامل اولیه را نشان می‌دهد. درصد واریانس متغیرها بر مبنای عامل، همانگونه که در جدول (۳) مشاهده می‌شود. ماتریس عامل چرخش شده در جدول (۳) مشاهده می‌شود. این ماتریس بارگذاریهای عامل را که همبستگی‌های بین هر یک از متغیرها و عامل‌ها برای یک چرخش ورماکس (Varimax) هستند، نشان می‌دهد. نسبت واریانس منظور شده برای هر عامل چرخش شده در اغلب مقالات برای نشان دادن اهمیت نسبی هر عامل گزارش می‌شود. با استفاده از نرم‌افزار SPSS این محاسبات انجام و در جدول (۳) ارائه شد . همانگونه که مشاهده می‌شود، عامل‌های اول تا چهارم بترتیب ۴۹/۶۸، ۱۵/۸۵، ۱۴/۸۵ و۱۴/۴۱ درصد واریانس و در مجموع ۹۴/۸۰درصد واریانسها را به خود اختصاص داده اند.

جدول۲- توضیح واریانس کل

متغیر	مقادیر ویژه اولیه			مقادیر ویژه استخراجی بدون چرخش			مقادیر ویژه استخراجی همراه با چرخش		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4.093	58.464	58.464	4.093	58.464	58.464	3.478	49.685	49.685
2	1.013	14.467	72.931	1.013	14.467	72.931	1.110	15.851	65.536
3	0.803	11.469	84.400	0.803	11.469	84.400	1.040	14.856	80.392
4	0.728	10.407	94.807	0.728	10.407	94.807	1.009	14.414	94.807
5	0.227	3.246	98.053						

6	0.110	1.566	99.619
7	0.027	0.381	100.000

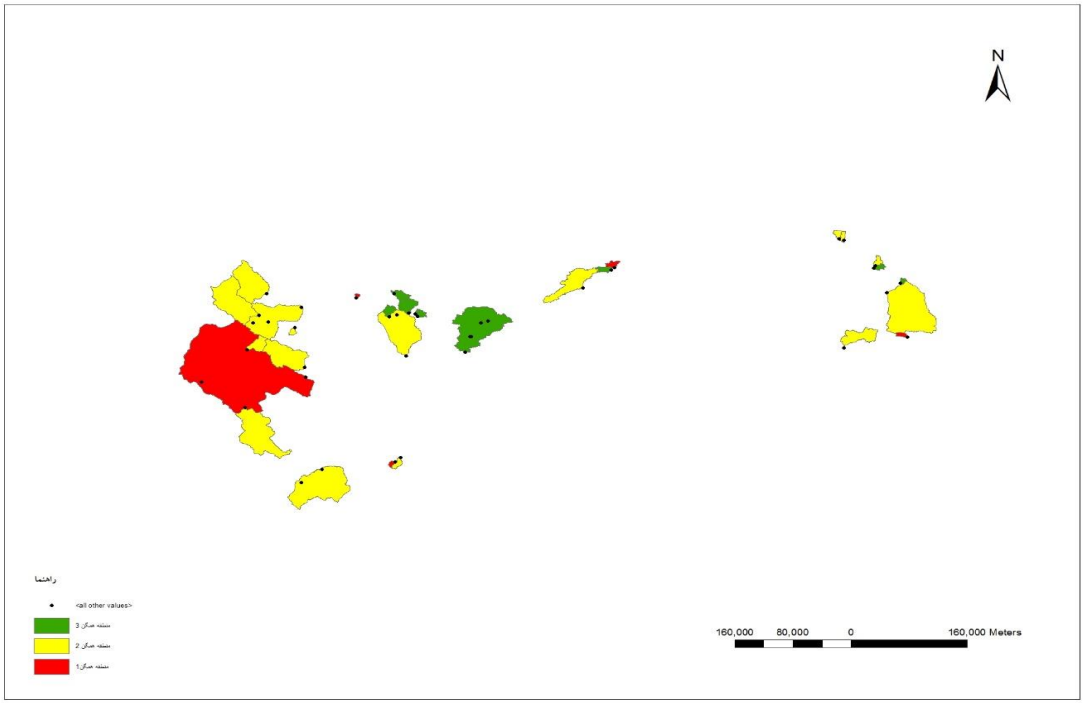
در نهایت با توجه به جدول (۳) شش پارامتر مستقل انتخاب گردیدند که چهار عامل بارش متوسط، زمین شناسی، مساحت حوضه و تراکم آبراهه بر اساس بیشترین ضریب همبستگی و دو عامل ارتفاع متوسط حوضه و شیب متوسط بدلیل بالا بودن ضریب همبستگی و مستقل بودن ماهیت آنها انتخاب گردید.

جدول ۳- ماتریس مولفه ای عاملی بعد از دوران

	1	2	3	4
بارش	**0.966**		-0.111	
دما	-0.954	0.162	0.157	
ارتفاع متوسط	**0.915**	-0.245	-0.114	
شیب متوسط	**0.820**	-0.326	-0.197	
زمین شناسی	-0.265	**0.949**	0.111	
مساحت	-0.217	0.110	**0.967**	
تراکم آبراهه				**0.993**

پس از آنکه متغیر های مستقل و با اهمیت برای ایستگاه ها انتخاب گردید، با استفاده از تحلیل خوشه ای، با به کار گیری نرم افزار spss کل منطقه، به نواحی همگن تقسیم شد. زیرا حوضه های همگن در تولید رواناب رفتاری مشابه دارند. برای این منظور از روش خوشه بندی سلسله مراتبی استفاده شده است. در این روش داده ها به گروه هایی تقسیم می شوند، که در آنها تغییرات داخل گروهی به حداقل، و تغییرات بین گروهی به حداکثر برسد. پس از تعیین فاصله ها که به روش اقلیدسی اندازه گیری می شود، گروه های همگن به روش wards استخراج گردید. برای آزمون صحت گروه بندی از روش تحلیل تابع تشخیص استفاده شده است. در شکل (۲) موقعیت حوضه های همگن در محدوده حوزه های آبخیز دریاچه نمک و کویر مرکزی نشان داده شده است.

استحصال آب باران، مدیریت ریسک سیلاب و خشکسالی، پایداری طبیعت



شکل ۲- موقعیت حوضه های همگن

در مجموع، محدوده همگن یک با ۷ حوضه، محدوده همگن دو با ۱۹ حوضه و محدوده همگن سه با ۱۳ حوضه می‌باشد و در شکل(۳) قابل ملاحظه است. پس از آن با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره مدل‌های منطقه ای برای هر یک از مناطق همگن ساخته شد. متغیر وابسته جریان حداقل ۷ روزه می‌باشد، و متغیرهای خروجی از تحلیل عاملی متغیر وابسته در رگرسیون می‌باشند. در روابط رگرسیونی به دست آمده در جدول (۴) مساحت(A)، تراکم آبراهه(Dd)، زمین شناسی(GEO)، بارش(P)، ارتفاع متوسط(HE)و شیب متوسط(S) می‌باشد.

جدول ۴- معادلات چند متغیره جریان حداقل ۷ روزه به تفکیک مناطق همگن

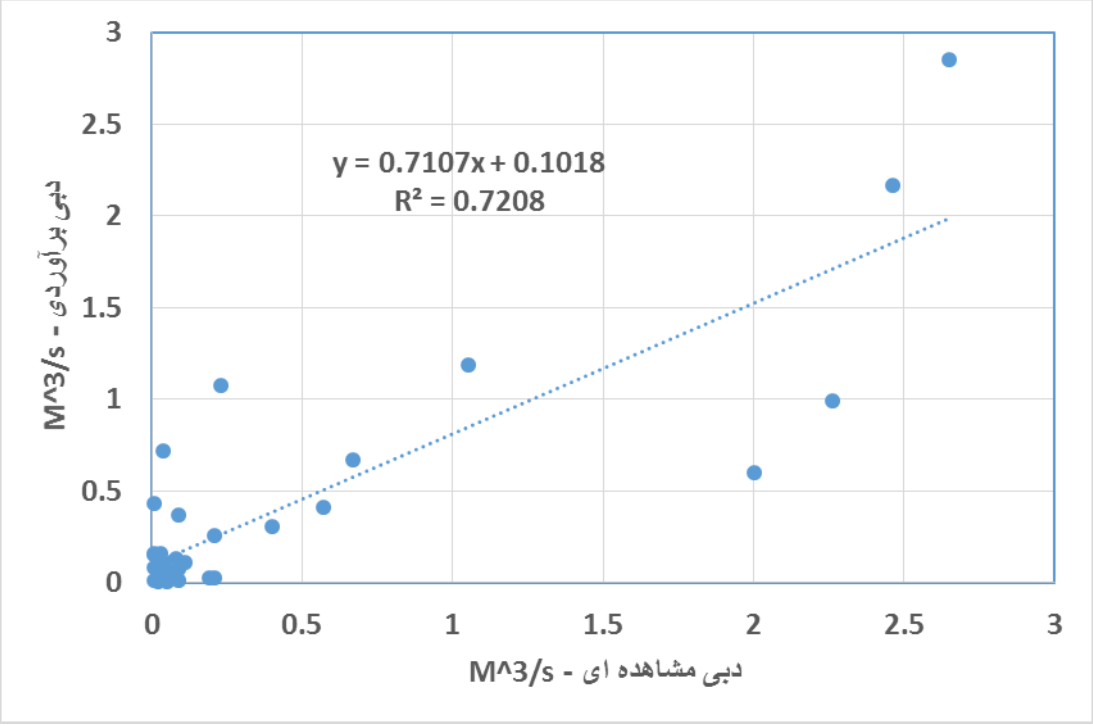
منطقه همگن	معادله چند متغیره	ضریب همبستگی	ضریب تشخیص
منطقه یک	0.0000290A-0.000147P-0.2249Dd+0.0099GEO+0.278410	0.99	0.99
منطقه دو	0.00007101A+0.00197P-0.8787Dd-1.211614GEO-0.0003176HE+0.0143S+0.583186	0.78	0.61
منطقه سه	0.000843A+0.001966P+3.523Dd+1.818271GEO-2.3805	0.77	0.6

همانطور که مشاهده می شود مدل رگرسیونی در مجموع حدود ۶۰ الی ۹۹ درصد تغییرات را پوشش می‌دهد. دلایلی همچون همبستگی غیر خطی میان دو متغیر و حجم کم داده ها می‌تواند در نتایج اثر منفی بگذارد.

برای تحلیل دقت خطا ۱۰ الی ۱۵ درصد از ایستگاه های هر یک از مناطق همگن به صورت جداگانه مورد آزمایش قرار می‌گیرند و مقدار جریان حداقل مشاهده‌ای با جریان براوردی مقایسه می‌شود و معیارهایی همچون میانگین مربعات خطا، میانگین قدر مطلق خطا و مجذور مینگین مربعات خطا اندازه گیری می‌گردد، که نتایج آن در جدول (۵) آورده شده است. رابطه مقادیر برآوردی و مشاهده ای نشان داد که دبیهای بالا و کم بیش برآورد و دبیها متوسط کم برآورد بدست آمدند. همانگونه که در شکل (۳) آورده شده است مقادیر برآوردی در مجموع از دقت مناسبی برخوردار است. مقدار ضریب همبستگی (R^2) برابر با ۰/۷ بیانگر این موضوع است.

جدول ۵- تست مدل رگرسیونی برای منطقه های همگن

	منطقه یک	دبی برآوردی	دبی مشاهده ای
منطقه یک	41005	0.05	0.03
	41039	0.085	0.09
منطقه دو	41073	0.08	0.040
	47029	0.57	0.42
منطقه سه	41117	0.60	2
	47015	2.85	2.65



شکل ۳Error! No text of specified style in document.- رابطه جریان حداقل ۷ روزه مشاهده ای و برآوردی به وسیله رگرسیون چند متغیره

* * *

نتیجه گیری

برای دستیابی به متغیر های اقلیمی و فیزیو گرافی، مرز حوزه¬های آبخیز مربوط به ایستگاه های ۳۹ گانه در نرم افزار ArcGIS ترسیم گردید. و متغیر های بارش، مساحت، تراکم آبراهه، دما، ارتفاع متوسط حوضه، زمین شناسی و شیب متوسط حوضه به دست آمد. االبته لازم به ذکر می باشد که برای متغیر بارش و پیش از تعمیم مقادیر برای حوزه¬های آبخیز، ایستگاه های با داده های ناقص مورد بازسازی با همان روش خود همبستگی که برای آبدهی ذکر گردید، قرار گرفتند. با بهره گیری از نرم افزار SPSS، تحلیل عاملی بر روی متغیر ها با شاخص KMO برابر با ۰/۸۱۲ انجام گرفت، که ۴ متغیر بارش، زمین شناسی، مساحت و تراکم آبراهه به عنوان مهمترین متغیر ها شناخته شدند.

تحلیل خوشه ای به منظور تقسیم حوزه¬های آبخیز به مناطق همگن در نرم افزار SPSS، با استفاده از متغیر های شناخته شده در تحلیل عاملی انجام شد، که در نتیجه آن حوضه ها در سه گروه همگن قرار گرفتند. برای انجام تحلیل منطقه ای با استفاده از رگرسیون چند متغیره و شبکه عصبی مصنوعی از جریان حداقل با تداوم ۷ روزه استفاده گردید. انتخاب مقاطع ۷ روزه، نوسانات روزانه جریان را کاهش می دهد. همچنین تحلیل هایی مه با جریان حداقل ۷ روزه انجام می گیرد دارای حساسیت کمتری نسبت به جریان های حداقل با تداوم های کمتر دارد.

نتایج روش تحلیل رگریسیونی راضی کننده است، و از بین گروه های همگن، گروه یک مناطق دارای بهترین نتیجه با ضریب تشخیص ۰/۹۹ بهترین نتیجه، و پس از آن گروه های دو و سه به ترتیب با ضریب تشخیص ۰/۶۱ و۰/۶۰ قرار گرفتند.

* * *

منابع فارسی

۱. ثقفیان، ب، محمدی، س. و قرمزچشمه، ب. (۱۳۸۴)، برآورد جریان‌های کم در نقاط فاقد ایستگاه هیدرومتری با استفاده از مدل رگرسیونی چند متغیره، نشریه علمی پژوهشی آب و آبخیز، شماره ۲، بهار ۱۳۸۴،ص۱-۱۹.

۲. رحمتی، ه، پرهمت، ج.، دانش کارآراسته، پ. و حیدری زاده، م. (۱۳۹۰)، تخمین آبدهی و همگن بندی حوزه های آبخیز فاقد آمار شمال غرب کشور با استفاده از منحنی رشد منطقه ای، فصل نامه علمی پژوهشی مهندسی آب و آبیاری سال اول ، شماره ۱، ص۴۵-۵۶.

* * *

References

3. Mamun, A.A., Hashim, A. and Daoud, J.I., (2010), Regionalisation of low flow frequency curves for the Peninsular Malaysia, Journal of Hydrology, 381(1-2), 174-180.

4. Tsakiris, G., Nalbantis, I. and Cavadias, G., (2011), Regionalization of low flows based on canonical correlation analysis, Advances in Water Resources, 34(7), 865-872.

5. Ouarda, T. B., Charron, C., Hundecha, Y., St-Hilaire, A. and Chebana, F., (2018), Introduction of the GAM model for regional low-flow frequency analysis at ungauged basins and comparison with commonly used approaches, Environmental Modelling & Software, 109, 256-271.

استحصال آب باران، مدیریت ریسک سیل و خشکسالی، پایداری طبیعت